

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-274101

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/205  
C23C 16/24  
C23C 16/509  
H01L 31/04

(21)Application number : 2000-087257

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 27.03.2000

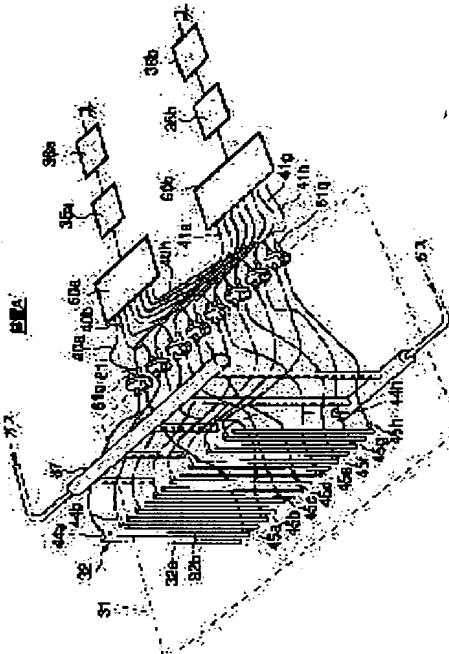
(72)Inventor : MURATA MASAYOSHI  
TAKEUCHI YOSHIAKI  
YAMAKOSHI HIDEO

## (54) PLASMA CHEMICAL VAPOR DEPOSITION APPARATUS HAVING ROD-LIKE ELECTRODES

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a plasma chemical vapor deposition apparatus, having rod-like electrodes capable of forming a film of superior film thickness uniformity at a high rate on a large area substrate, using of a large frequency value of superhigh frequency.

**SOLUTION:** This plasma chemical vapor deposition apparatus, having rod-like electrodes which forms a film on a substrate to be processed by generating discharge plasma of film-forming gas between the substrate to be processing and the electrodes to which high-frequency power sources feed the power, is defined in that each of the electrodes has a power feed terminal on an end that is connected to the output circuit of either of the power sources, and the electrodes, which are rod-like and to each of which the power feed terminal is attached, are divided into a first and a second electrode group. The rod-like electrodes of the first group are arranged substantially parallel at equal pitch intervals and extend in a common direction from the power feed terminals, the rod-like electrodes of the second group are arranged substantially parallel at equal pitch intervals and extend in the direction opposite to that of the first group from the power feed terminals, and the rod-like electrodes of the first group and of the second group are arranged substantially within the same plane and alternately with each other.



(51) Int. Cl.	識別記号	F I	マークド (参考)
H01L 21/205	H01L 21/205	4K030	
C23C 16/24	C23C 16/24	5F045	
16/509	16/509	5F051	
H01L 31/04	H01L 31/04	X	
		V	
		審査請求 未請求 請求項の数 6 ○ L (全11頁)	

(21) 出願番号 特願2000-87257 (P 2000-87257)

(22) 出願日 平成12年3月27日 (2000. 3. 27)

(71) 出願人 000006208  
三菱重工業株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 村田 正義  
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1 長菱  
エンジニアリング株式会社内

(72) 発明者 竹内 良昭  
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三  
菱重工業株式会社長崎研究所内

(74) 代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

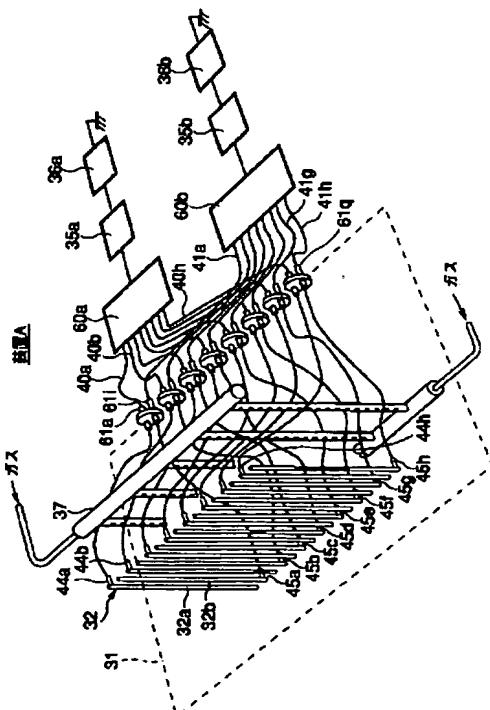
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】棒状電極を有するプラズマ化学蒸着装置

## (57) 【要約】

【課題】 大面積基板に対して周波数の大きい超高周波を用いて高速かつ膜厚均一性に優れた製膜を行なうことができる棒状電極を有するプラズマ化学蒸着装置を提供する。

【解決手段】 高周波電源より電極に電力を供給し、該電極と被処理基板との間に製膜用ガスの放電プラズマを生成させて被処理基板上に製膜するプラズマ化学蒸着装置であって、電極は、該電源の出力回路に接続された電力供給端と、該電力供給端が取り付けられた棒状の第1および第2電極群と、を具備し、第1の棒状電極群は実質的に平行かつ等ピッチ間隔に電力供給端から同方向に延び出し、第2の棒状電極群は実質的に平行かつ等ピッチ間隔に第1の電極群に向かって前記電力供給端から逆方向に延び出し、さらに第1及び第2の棒状電極群は実質的に同一平面内で互い違いに配置されている。ことを特徴とする棒状電極を有するプラズマ化学蒸着装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波電源より電極に電力を供給し、該電極と被処理基板との間に製膜用ガスの放電プラズマを生成させて被処理基板上に製膜するプラズマ化学蒸着装置であって、  
前記電極は、該電源の出力回路に接続された電力供給端と、該電力供給端が取り付けられた棒状の第1および第2電極群と、を具備し、  
前記第1の棒状電極群は実質的に平行かつ等ピッチ間隔に前記電力供給端から同方向に延び出し、前記第2の棒状電極群は実質的に平行かつ等ピッチ間隔に第1の電極群に向かって前記電力供給端から逆方向に延び出し、さらに前記第1及び第2の棒状電極群は実質的に同一平面内で互い違いに配置されていることを特徴とする棒状電極を有するプラズマ化学蒸着装置。

【請求項2】 上記電力供給端は上記第1及び第2の棒状電極群の各電極棒部材の一方端部にそれぞれ取り付けられ、第1の棒状電極群に属する電力供給端と第2の棒状電極群に属する電力供給端とは互いに遠くに離れていることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項3】 上記第1及び第2の棒状電極群に、それぞれ独立した2台の高周波電源より電力を供給し、かつ電源周波数が30MHz～200MHzの範囲内とされることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項4】 非結晶質シリコン系膜、微結晶系膜、及び多結晶系膜を製膜することを特徴とする請求項3記載の装置。

【請求項5】 電源出力を電力分配器を用いて複数個に分割し、上記棒状電極に電力を分配供給することを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項6】 電源出力をT型コネクタと同軸ケーブルを用いて複数個に分割し、上記棒状電極に電力を分配供給することを特徴とする請求項2記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマ化学蒸着装置に関し、アモルファスシリコン太陽電池、微結晶シリコン太陽電池、薄膜多結晶シリコン太陽電池、薄膜半導体、光センサ、半導体保護膜等の各種電子デバイスに使用される薄膜の製造に適用されるプラズマ化学蒸着装置（以下、プラズマCVD装置と呼ぶ）に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 アモルファスシリコン（以下、a-Siと記す）薄膜や窒化シリコン（以下、SiNxと記す）薄膜を製膜するために、従来から用いられているプラズマCVD装置には2つの方式が知られている。すなわち放電プラズマ生成に用いる電極として、放電用はしご型電極即ちラダーインダクタンス電極あるいはラダーアンテナ型電極とも呼ばれる電極を用いる方式、および平行平板電極を用いる方式の2つである。

【0003】 先ず、はしご型電極を用いる方式に関する公知文献としては例えば特開平4-236781号公報がある。これには、はしご状平面型コイル電極として各種形状の電極を用いたプラズマCVD装置が開示されている。本方式の代表的な例について図7を参照して説明する。図中の付番1は反応容器であり、この反応容器1内に放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3とが平行に配置されている。放電用はしご型電極2には、高周波電源4からインピーダンス整合器5を介してたとえば13.56MHzの高周波電力が供給される。図8に示すように、放電用はしご型電極2は、一端がインピーダンス整合器5を介して高周波電源4に接続されており、他端はアース線7に接続され、反応容器1とともに接地されている。

【0004】 放電用はしご型電極2に供給された高周波電力は、反応容器1とともに接地された基板加熱用ヒータ3と前記電極2との間にグロー放電プラズマを発生させ、放電空間経由で反応容器1の壁へ、また放電用はしご型電極2のアース線7を介してアースへ流れる。なお、このアース線7には同軸ケーブルが用いられている。

【0005】 反応容器1内には、図示しないポンベから反応ガス導入管8を通して、例えばモノシリコンと水素との混合ガスが供給される。供給された反応ガスは、放電用はしご型電極2により発生したグロー放電プラズマにより分解され、基板加熱用ヒータ3上に保持され、所定の温度に加熱された基板9上に堆積する。また、反応容器1内のガスは、排気管10を通して真空ポンプ11により排気される。

【0006】 以下、上記装置を用いて薄膜を製造する場合について説明する。まず、真空ポンプ11を駆動して反応容器1内を排気した後、反応ガス導入管8を通して、例えば、モノシリコンと水素との混合ガスを供給し、反応容器1内の圧力を0.05～0.5Torrに保つ。

【0007】 この状態で、高周波電源4から放電用はしご型電極2に高周波電力を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。反応ガスは、放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3に生じるグロー放電プラズマによって分解され、この結果SiH<sub>4</sub>、SiH<sub>2</sub>などのSiを含むラジカルが発生し、基板9表面に付着してa-Si薄膜が形成される。

【0008】 次に、平行平板電極を用いる方法について図9を参照して説明する。図中の付番21は反応容器であり、この反応容器21内に高周波電極22と基板加熱用ヒータ23とが平行に配置されている。高周波電極22には、電源24からインピーダンス整合器25を介してたとえば13.56MHzの高周波電力が供給される。基板加熱用ヒータ23は、反応容器21とともに接地され、接地電極となっている。従って、高周波電極22と

基板加熱用ヒータ23との間でグロー放電プラズマが発生する。

【0009】反応容器21内には図示しないポンベから反応ガス導入管26を通して例えばモノシランと水素との混合ガスが供給される。反応容器21内のガスは、排気管27を通して真空ポンプ28により排気される。基板29は、基板加熱用ヒータ23上に保持され、所定の温度に加熱される。

【0010】こうした装置を用いて、以下のようにして薄膜を製造する。まず、真空ポンプ28を駆動して反応容器21内を排気する。次に、反応ガス導入管26を通して例えばモノシランと水素との混合ガスを供給して反応容器21内の圧力を0.05~0.5 Torrに保ち、高周波電源24から高周波電極22に電圧を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。

【0011】反応ガス導入管26から供給されたガスのうち、モノシランガスは高周波電極22から基板加熱用ヒータ23までの間に生じるグロー放電プラズマによって分解される。この結果、SiH<sub>3</sub>、SiH<sub>2</sub>等のSiを含むラジカルが発生し、基板29表面に付着して、a-Si薄膜が形成される。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の放電用ラダーアンテナ型電極を用いる方式および平行平板電極を用いる方式は、いずれも次の(1)、(2)の問題点がある。

【0013】(1) 図7に示す装置において、放電用はしご型電極2近傍に発生した電界により反応ガス、例えばSiH<sub>4</sub>は、Si、SiH、SiH<sub>2</sub>、SiH<sub>3</sub>、H、H<sub>2</sub>等に分解され、基板9の表面にa-Si膜を形成する。しかしながら、a-Si膜形成の高速化を図るために、高周波電源4から電極2に印加する高周波の周波数を現状の13.56MHzよりも上昇させ、例えば30MHz乃至150MHzに周波数を高くすると、電極2の近傍領域において電界分布の一様性がくずれ、その結果として、a-Si膜の膜厚分布が極端に悪くなる。

【0014】図10は、横軸にプラズマ電源から印加する高周波の周波数(MHz)、縦軸に平均膜厚からのずれ量を示す膜厚分布(%)とした、基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布の関係を示す特性線図である。図10の特性線Cから、周波数が13.56MHz以上になると膜厚分布の一様性を確保することが困難であることが判明した。また図示していない他のデータの特性線図より膜厚分布の一様性(±10%以内)を確保できる基板の大きさ即ち面積は5cm×5cmないし20cm×20cm程度であることが判明している。

【0015】放電用はしご型電極を用いる方式による高周波電源4の高周波数化が困難な理由は次の通りである。図11に示すように、放電用はしご型電極の構造に

起因したインピーダンスの不均一性が存在するために、局部的にプラズマ発光の強い部分が発生する。例えば、上記電極の周辺部に強いプラズマが発生し、中央部には発生しない。特に60MHz以上の高周波数化に伴ってその減少は顕著になる。

【0016】従って、量産性向上や低コスト化に必要な1m×1m乃至2m×2mサイズ級の大面積基板に対してプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上を図ることは非常に困難といわれている。なお、a-Si膜の成膜速度はプラズマ電源周波数に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例は未だ報告されていない。

【0017】(2) 図9において、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23との間に発生する電界により、反応ガス、例えばSiH<sub>4</sub>は、Si、SiH、SiH<sub>2</sub>、SiH<sub>3</sub>、H、H<sub>2</sub>等に分解され、基板9の表面にa-Si膜を形成する。しかしながら、a-Si膜形成の高速化を図るため、高周波電源24の周波数を現状の13.56MHzより、30MHzないし200MHzへ高くすると、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23間に発生する電界分布の一様性がくずれ、その結果として、a-Si膜の膜厚分布が極端に悪くなる。図10は、基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布(平均膜厚からのずれ)の関係を示す特性線図である。

図10の特性線Dから、周波数が13.56MHz以上になると膜厚分布の一様性を確保することが困難であることが判明した。また、図示していない他のデータの特性線図より、VHF電源を用いたプラズマCVDによる製膜では、膜厚分布の一様性(±10%以内)を確保できる基板の大きさ即ち面積は、5cm×5cmないし20cm×20cm程度であることが判明している。

【0018】平行平板電極を用いる方法による高周波電源24の高周波数化が困難な理由は次の通りである。平行平板電極は、電極周辺部と中央部との電気特性が異なるため、図12(a)に示すように電極周辺部に強いプラズマが発生するか、あるいは図12(b)に示すように中央部のみに強いプラズマが発生するという現象がある。

【0019】従って、量産性向上や低コスト化には必要な1m×1mないし2m×2mサイズ級の大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は非常に困難であると言われている。なお、a-Si膜の成膜速度はプラズマ電源周波数に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例は未だ報告されていない。

【0020】本発明は上記課題を解決するためになされたものであって、従来と比べてサイズが格段に大きな基板、例えば1m×1m乃至2m×2mサイズ級の大面積基板に対しても周波数の大きい超高周波(VHF)を用いて高速かつ膜厚均一性に優れた製膜を実現することが

できるプラズマCVD装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明に係る棒状電極を有するプラズマ化学蒸着装置は、高周波電源より電極に電力を供給し、該電極と被処理基板との間に製膜用ガスの放電プラズマを生成させて被処理基板上に製膜するプラズマ化学蒸着装置であって、前記電極は、該電源の出力回路に接続された電力供給端と、該電力供給端が取り付けられた棒状の第1および第2電極群と、を具備し、前記第1の棒状電極群は実質的に平行かつ等ピッチ間隔に前記電力供給端から同方向に延び出し、前記第2の棒状電極群は実質的に平行かつ等ピッチ間隔に第1の電極群に向かって前記電力供給端から逆方向に延び出し、さらに前記第1及び第2の棒状電極群は実質的に同一平面内で互い違いに配置されていることを特徴とする。

【0022】上記電力供給端は上記第1及び第2の棒状電極群の各電極棒部材の一方端部にそれぞれ取り付けられ、第1の棒状電極群に属する電力供給端と第2の棒状電極群に属する電力供給端とは互いに遠くに離れていることが望ましい。

【0023】電源周波数が30MHz～200MHzの範囲内とされることが好ましい。

【0024】a-Si系薄膜、微結晶系薄膜、及び多結晶系薄膜を製膜することが好ましい。

【0025】上記第1及び第2の棒状電極群に電力を供給する電源は独立した2台の高周波電源を用いることを特徴とする。

【0026】上記2台の電源の出力をそれぞれ電力分配器を用いて複数個に分割し、上記棒状電極群に電力を分配供給することが好ましい。

【0027】上記電源の出力をT型コネクタと同軸ケーブルを用いて複数個に分割し、上記棒状電極に電力を分配供給することが好ましい。

【0028】本発明では、反応容器と、この反応容器に反応ガスを供給する手段と、反応ガスを反応容器内から排出する手段と、反応容器内に配置された放電用棒状電極と、この放電用棒状電極に周波数30MHz乃至200MHzのグロー放電発生用電力を供給する電源と、反応容器内に放電用棒状電極と離間して平行に配置され、被処理基板を支持する加熱用ヒータとを有し、電源から供給された電力によりグロー放電を発生し、被処理基板の表面上に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは多結晶薄膜を形成するプラズマ化学蒸着装置において、前記棒状電極を複数個、ほぼ同一平面内に、ほぼ平行に配置させ、その棒状電極の端部に、隣り合う電極の1本ごとに交互に電力供給端子を配置し、それぞれ独立した2台のVHF (Very High Frequency: 30MHz乃至200MHz) 級電源から近似する2つの周波数、例えば58MHzと60MHzの電力を供給するようにした。

【0029】また、上記VHF級電源から上記複数個の電力供給端子への電力供給には、インピーダンス整合器、電力分配器、及び真空用同軸ケーブルなどを用いた。

【0030】なお、上記電力分配器に代えて、T型コネクタで上記電力供給端子の個数に等しい数の同軸ケーブルを配置させることも試みた。

【0031】

【作用】本発明者らは、上記複数本の棒状電極を図3の(b)に示すように配置し、その棒状電極の一端に、1本ごとにすなわち図3の(b)に示す符号44a乃至44h、あるいは45a乃至45hに1台のVHF級電源より電力供給端を介して電力を供給すると、超高周波数(VHF)であることから、電極上の電圧分布は図5中の特性線Aに示すように、電力供給端から遠く離れるに従って棒状電極上の電圧が徐々に降下するという知見を得た。この電圧降下は、表皮効果というVHF特有の現象に起因しているものと推察される。

【0032】また、本発明者らは、図3(b)の電力供給端子44a乃至44hにVHF電力を供給し、大面積のガラス基板に非結晶質シリコンの製膜を行った結果、図6の(a)に示す膜厚分布が得られるという知見を得た。また、図3の(b)の電力供給端子45a乃至45hにVHF電力を供給すると、図6の(b)に示す分布が得られ、この分布は図6の(a)に示す分布と対称形状となるという知見を得た。

【0033】さらに、図3(b)の電力端子44a乃至44h及び45a乃至45hに、それぞれ独立した2台のVHF電源からほぼ同一の周波数の電力を供給させ、大面積のガラス基板に非結晶質シリコンを製膜すると、図6の(a)に示す分布と図6の(b)に示す分布とが合成され、図6の(c)に示すように良好な膜厚分布が得られるという知見を得た。

【0034】なお、上記2台のVHF電源が独立でない場合、例えば1台のVHF電極により棒状電極の電力供給端子44a乃至44h及び45a乃至45hに電力を供給して、大面積ガラス基板に非結晶質シリコンを製膜した場合、その膜厚分布は図6の(c)に示すように、均一でなく、膜厚が著しくばらついて膜厚分布が悪化するという知見も得た。その理由は、互いに異なる二方向よりVHF電力が供給されるので、複数個の棒状電極で発生する電界が互いに干渉を起こし、その結果、図6の(a)、(b)、(c)に示すような単純な形の分布を形成できないからであると推察される。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面を参照しながら本発明の種々の好ましい実施の形態について説明する。

【0036】(実施例1)図1乃至図3を参照しながら実施例1の装置について説明する。図中にて付番31は反応容器である。この反応容器31内には、グロー放電

プラズマを発生させるためのステンレス鋼（SUS304）製の放電用電極32と、被処理基板としてのガラス基板9を支持するとともに、基板9の温度を制御する基板加熱用ヒータ34が配置されている。

【0037】放電用電極32は、図3の(a), (b)に示すように、対向する2つの棒状電極群32a, 32bで構成されており、これら第1及び第2の電極群32a, 32bは基板加熱用ヒータ34と実質的に平行な面内に配置されている。すなわち、第1の棒状電極群32aは平行かつ等ピッチ間隔に同方向に延び出し、第2の棒状電極群32bは平行かつ等ピッチ間隔に第1の電極群32aに向かって逆方向に延び出し、さらに第1及び第2の棒状電極群32a, 32bは互い違いに配置されている。本実施例では第1及び第2の棒状電極群32a, 32bのピッチ間隔L1を5.2mmにそれぞれ設定するので、隣り合う棒状電極の中心間距離はその半分の2.6mm(=L1/2)となる。この場合に直径10mmの棒状電極を配列するので、隣り合う棒状電極の相互間隙は約1.6mmとなる。

【0038】棒状電極の一端には図3の(b)に示すように、交互に電力供給端子44a～44hおよび45a～45hが配置されており、そして図1及び図2に示すように該電力供給端子44a～44hには、第1の超高周波電源36aの電力が、第1のインピーダンス整合器35a、第1の電力分配器60a、同軸ケーブル40a～40h、電力導入端子61a～61hおよび真空用同軸ケーブル43a～43hを介して供給される。また、図1及び図2に示すように棒状電極32の電力供給端子45a～45hには、第2の超高周波電源36bの電力が、第2のインピーダンス整合器35b、第2の電力分配器60b、同軸ケーブル41a～41h、電力導入端子61i～61qおよび真空用同軸ケーブル43i～43qを介して供給される。

【0039】反応容器31内には、反応ガスを放電用電極32の周辺に導入する反応ガス吐出孔37aを有した反応ガス導入管37が配置されている。

【0040】反応容器31には、反応容器31内の反応ガス等のガスを排気する排気管38を介して真空ポンプ39が接続されている。反応容器31内にはアースシールド40が配置されている。このアースシールド40は、不必要的部分での放電を抑制し、かつ、排気管38及び真空ポンプ39と組み合わせて使用されることにより、反応ガス導入管37より導入されたSiH<sub>4</sub>等の反応ガスを電極32によりプラズマ化した後、反応ガス及びその他生成物等を排気管38から排出する機能を有している。なお、反応容器31内の圧力は、図示しない圧力計によりモニタされ、真空ポンプ39の排気量を調整することにより制御されている。

【0041】放電用棒状電極32で例えばSiH<sub>4</sub>プラズマを発生させると、そのプラズマ中に存在するSiH<sub>50</sub>

、SiH<sub>2</sub>、SiHなどのラジカルが拡散現象により拡散し、基板9表面に吸着されることにより、a-Si膜あるいは微結晶Si膜あるいは多結晶Siが堆積する。なお、a-Si膜、微結晶Si及び多結晶Siは、製膜条件の中の、SiH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>の流量比、圧力、基板温度、及びプラズマ発生用電力等を適正化することで製膜できる公知の技術であるので、ここではSiH<sub>4</sub>ガスを用いたa-Si製膜を例にとり説明する。当然ながら、微結晶Si及び多結晶Siを成膜することも可能である。

10 【0042】次に、上記構成のプラズマCVD装置を用いて、a-Si膜を製作する方法について説明する。まず、真空ポンプ39を稼働させて、反応容器31内を排気し、到達真空度を2～3×10<sup>-7</sup>Torrとする。次いで、反応ガス導入管37より反応ガス、例えばSiH<sub>4</sub>ガスを1500～2000sccm程度の流量で供給する。この後、反応容器31内の圧力を0.05～0.5Torrに保ちながら、第1及び第2の超高周波電源36a, 36bから第1及び第2のインピーダンス整合器35a, 35b、第1及び第2の電力分配器60a, 60b、同軸ケーブル40a～40h, 41a～41h、電力導入端子61a～61qおよび真空用同軸ケーブル43a～43hに、例えば5.8MHzおよび6.0MHzの電力を供給する。その結果、放電用棒状電極32の近傍にSiH<sub>4</sub>のグロー放電プラズマが発生する。このプラズマは、SiH<sub>4</sub>ガスを分解し、基板9の表面にa-Si膜を形成する。上記の例では、棒状電極のサイズは、直径10mm、長さ2100mm、間隔(隣り合う棒状電極中心の間隔)2.6mmで80本を用い、基板9はサイズ2000mm×2000mm、厚さ5mmで、製膜温度は200℃であった。

20 【0043】実施例1の成膜試験結果の一例を、表1に示す。

30 【0044】  
【表1】  
表1

	平均製膜速度	膜厚分布
比較例1	1.5nm/秒	±60%
実施例1(装置A)	1.5nm/秒	±9%

40 ただし、基板面積を2000mm×2000mmとした。

【0045】表1に示すデータは、放電用電源を1台とし、例えば図1及び図2の第1の超高周波電源36aとして、その出力を第1及び第2インピーダンス整合器35a, 35bに入力し、そして、それぞれ、第1及び第2の電力分配器60a, 60b、同軸ケーブル40a～40h, 41a～41h、電力導入端子61a～61h, 61i～61q、真空用同軸ケーブル43a～43h, 43i～43qを介して、棒状電極32の電力供給端子44a～44h, 45a～45hに電力供給した場

合、並びに、図1及び図2に示した方法すなわち独立した2台の電源36a、36bを用いて、それぞれ周波数58MHz及び60MHzの電力を電力供給端子44a～44hおよび45a～45hに供給した場合の比較データである。前者の場合、製膜速度1.5nm/秒で、膜厚分布±6.0%、後者の場合、製膜速度1.5nm/秒で、膜厚分布±9%を示しており、膜厚分布が著しく良好であった。

【0046】また、上記2台の電源36a、36bの周波数は、両者がほぼ同じ例えれば60MHzの場合でも、両者が例えれば60MHz及び50MHzと大幅に異なる場合でも、膜厚分布は著しく良好であることが実験で確認された。

【0047】なお、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ及び感光ドラムなどの製造では、膜厚分布として±10%以内であれば性能上問題はない。

【0048】上記実施例1によれば、2台の電源36a、36bの周波数は58MHz、60MHzであるが、従来の装置及び方法に比べて著しく良好な膜厚分布を得ることが可能になった。本実施例では電源周波数は60MHz級であるが第1及び第2の電力分配器60a、60b及び第1及び第2のインピーダンス整合器35a、35b及び同軸ケーブルなどは80MHz～200MHzにも十分応用可能であるから、a-Si成膜も80MHz～200MHzの周波数範囲で十分に応用可能であるといえる。

【0049】一方、従来のプラズマ化学蒸着装置では、30MHz以上での超高周波電源を用いると、膜厚分布が著しく悪く、膜厚分布±10%以内が得られる基板面積は、5cm×5cm乃至30cm×30cm程度であり、それ以上は不可能視されていた。

【0050】(実施例2)図1、図2及び図4を参照する。図1及び図2に示す装置構成において、第1及び第2の電力分配器60a、60bを図4に示すように、同軸ケーブル用T型コネクタ71a～71g及び72a～72gに代えて、それぞれ同軸ケーブル40a～40h及び41a～41hなどを介して、電力供給端子44a～44h、45a～45hに電力を供給する。

【0051】上記構成のプラズマCVD装置を用いてa-Si膜を製作する方法について説明する。まず、真空ポンプ39を稼働させて、反応容器31内を排気し、到達真密度を $2 \sim 3 \times 10^{-7}$ Torrとする。つづいて、反応ガス導入管37より反応ガス、例えはSiH<sub>4</sub>ガスを1500～2000sccm程度の流量で供給する。

【0052】その後、反応容器31内の圧力を0.05～0.5Torrに保ちながら、第1及び第2の超高周波電源36a、36bから第1及び第2のインピーダンス整合器35a、35b、T型コネクタ71a～71g及び72a～72g、同軸ケーブル40a～40h、41a～41h、電力導入端子61a～61h及び真空用

同軸ケーブル43a～43qを介して、電力供給端子44a～44h及び45a～45hに、近似する2つの周波数58MHzおよび60MHzの高周波電力を供給する。

【0053】その結果、放電用棒状電極32の近傍にSiH<sub>4</sub>のグロー放電プラズマが発生する。このプラズマは、SiH<sub>4</sub>ガスを分解し、基板9の表面にa-Si膜を形成する。上記の例では、棒状電極のサイズは、直径10mm、長さ2100mm、間隔(隣り合う棒状電極中心の間隔)26mmで80本を用いて、基板9はサイズ2000mm×2000mm、厚さ5mmで、製膜温度は200℃であった。

【0054】実施例2の製膜試験結果の一例を、下記表2に示す。

【0055】

【表2】

表2

	平均製膜速度	膜厚分布
比較例2	1.8nm/秒	±65%
実施例2(装置B)	1.8nm/秒	±10%

ただし、基板面積を2000mm×2000mmとした。

【0056】表2に示すデータは、放電用電源を1台とし、例えは図4の第1の超高周波電源36aとして、その出力を第1及び第2インピーダンス整合器35a、35bに入力し、そして、それぞれ、T型コネクタ71a乃至71g及び72a乃至72g、同軸ケーブル40a乃至40h、41a乃至41h、電力導入端子61a乃至61h、61i乃至61q、真空用同軸ケーブル43a～43h、43i乃至43qを介して、棒状電極32の電力供給端子44a乃至44h、45a乃至45hに電力を供給した場合、並びに、図1及び図2に示した方法すなわち独立した2台の電源36a、36bを用いて、それぞれ58MHz及び60MHzの電力を電力供給端子44a～44h、45a～45hに供給した場合のデータである。前者の場合、製膜速度1.8nm/秒で、膜厚分布±6.5%、後者の場合、製膜速度1.8nm/秒で、膜厚分布±10%を示しており、膜厚分布が著しく良好である。

【0057】また、上記2台の電源36a、36bの周波数は、両者がほぼ同じ例えれば60MHzの場合でも、両者が例えれば60MHz及び50MHzと大幅に異なる場合でも、膜厚分布は著しく良好であることが実験で確認された。

【0058】なお、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ及び感光ドラムなどの製造では、膜厚分布としては±10%以内であれば性能上問題はない。

【0059】上記実施例2によれば、2台の電源36a、36bの周波数は58MHz、60MHzであるが、従来の装置及び方法に比べて著しく良好な膜厚分布

を得ることが可能になった。本実施例では電源周波数は 60 MHz 級であるが、T型コネクタ 71 a～71 g、及び 72 a～72 g、第1及び第2のインピーダンス整合器 35 a、35 b 及び同軸ケーブルなどは 80 MHz～200 MHz にも十分応用可能であるから、a-Si 成膜も 80 MHz～200 MHz の周波数範囲で十分に応用可能であるといえる。

【0060】一方、従来のプラズマ化学蒸着装置では、30 MHz 以上での超高周波電源を用いると、膜厚分布が著しく悪く、膜厚分布 ± 10 % 以内が得られる基板面積は、5 cm × 5 cm 乃至 30 cm × 30 cm 程度であり、それ以上は不可能視されていた。

#### 【0061】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、放電用電極として、複数個の棒状の電極を基板ヒータにほぼ同一平面内に互いに平行に配置させ、その端部に交互に電力供給端子を配置し、それぞれ独立した 2 台の VHF (30 MHz～200 MHz) 級の電源から、ほぼ同じ周波数の電力を供給するようにしたことにより、従来技術では不可能視されていた 1 m × 1 m 乃至 2 m × 2 m サイズ級の大面積基板へ著しく良好な膜厚分布で a-Si や微結晶 Si 等を製膜可能なプラズマ化学蒸着装置を提供できる。

【0062】上記の効果は、a-Si 薄膜応用に限らず、30 MHz 乃至 200 MHz 級の高周波数電源を用いるプラズマ CVD 技術が、微結晶 Si 及び多結晶 Si の製造方法としての用途があることから、太陽電池、薄膜トランジスタ及び感光ドラム等の産業上の価値は著しく大きい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るフォーク型電極を有するプラズマ化学蒸着装置（装置A）の概要を示す構成ブロック図。

【図2】本発明の実施形態に係るフォーク型電極を有するプラズマ化学蒸着装置を示すブロック斜視図。

【図3】(a) は実施形態のフォーク型電極の一方側のみを示す斜視図、(b) は実施形態の組合せ 1 対のフォーク型電極を示す斜視図。

【図4】他の実施形態に係る装置（装置B）の給電回路を示すブロック斜視図。

#### 【図5】電極棒の長さ方向距離と電極棒上の電圧との相

関を示す特性線図。

【図6】(a) はフォーク型電極の一方側（基準極）に VHF 電力を供給したときの非結晶質シリコンの膜厚分布の三次元分布図、(b) はフォーク型電極の他方側（対向極）に VHF 電力を供給したときの非結晶質シリコンの膜厚分布の三次元分布図、(c) は (a) と (b) を合成した非結晶質シリコンの膜厚分布の三次元分布図。

【図7】比較例の装置（装置C）を示すブロック断面図。

【図8】比較例装置の給電回路図。

【図9】比較例の装置（装置D）を示すブロック断面図。

【図10】プラズマ電源周波数と膜厚分布との相関を示す特性線図。

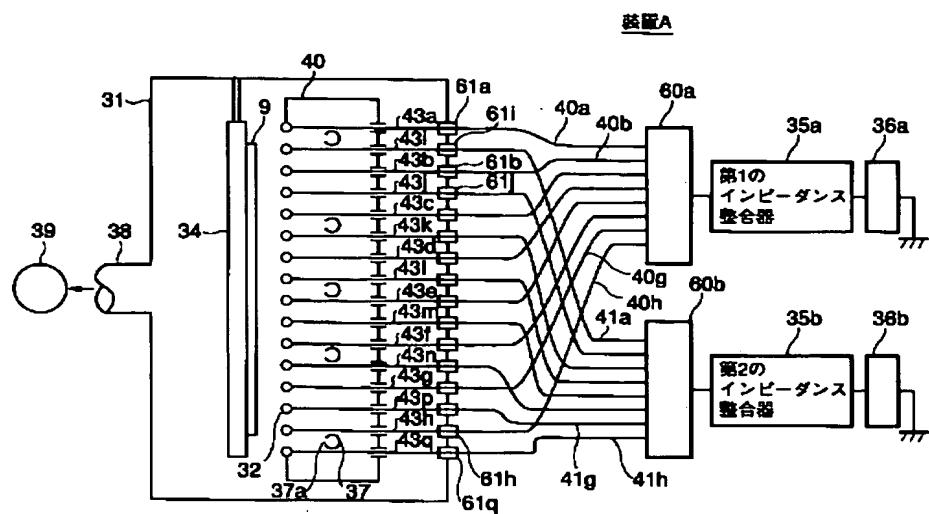
【図11】比較例装置の給電回路図及びプラズマ発光状態の模式図。

【図12】(a) は平行平板型電極により生成される典型的なプラズマ分布を示す模式図、(b) は平行平板型電極により生成される他の典型的なプラズマ分布を示す模式図。

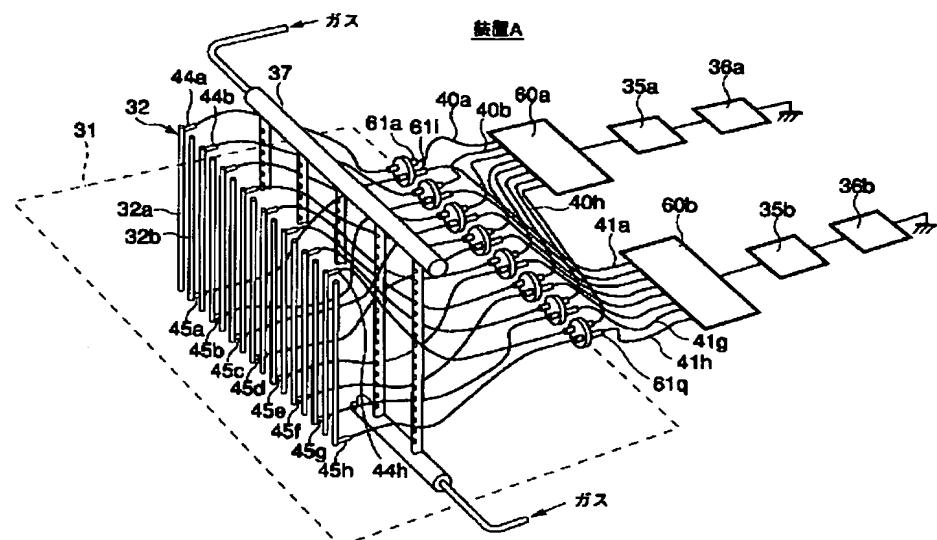
#### 【符号の説明】

- 9 … 基板、
- 31 … 反応器、
- 32 … 棒状電極、
- 32 a … 第1の棒状電極群、32 b … 第2の棒状電極群、
- 34 … ヒータ、
- 35 a, 35 b … インピーダンス整合器、
- 36 a, 36 b … 高周波電源、
- 37, 37 a … 反応ガス供給管、
- 38 … 供給管、
- 39 … 真空ポンプ、
- 40 … アースシールド、
- 40 a～40 h, 41 a～41 h, 43 a～43 h … 同軸ケーブル、
- 44～47, 48～51 … 電力供給端、
- 60 a, 60 b … 電力分配器、
- 61 a, 61 b … 端子、
- 71 a～76 g … T型コネクタ。

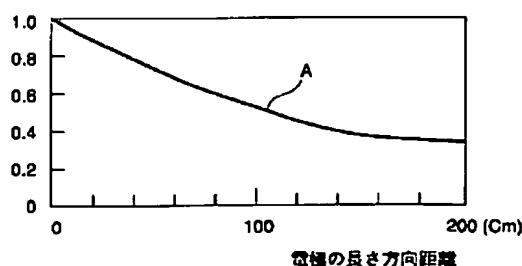
【図 1】



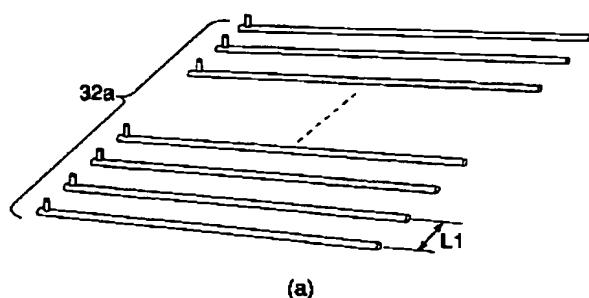
【図 2】



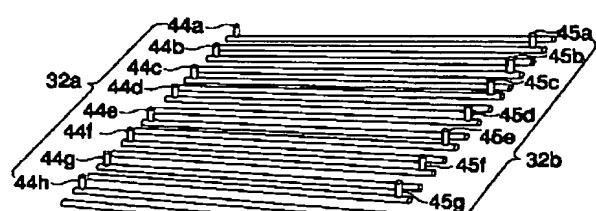
【図 5】

棒状電極上の電圧  
(相対値)

【図 3】

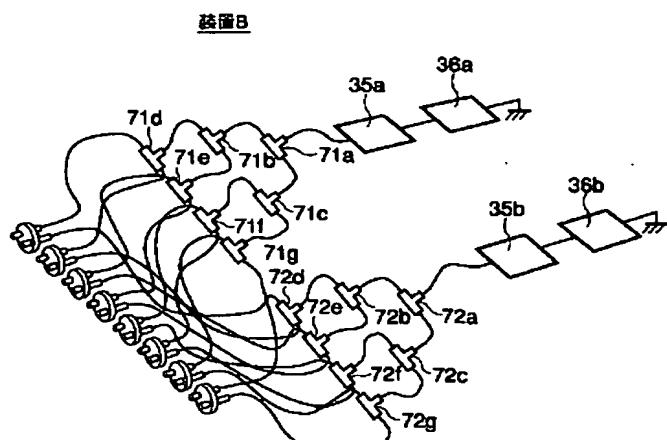


(a)

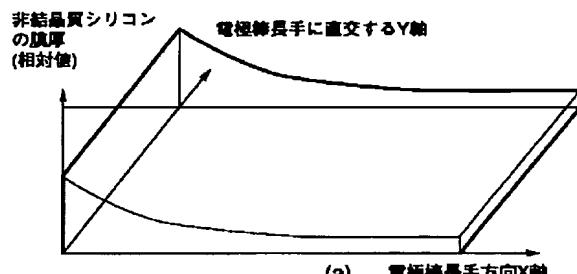


(b)

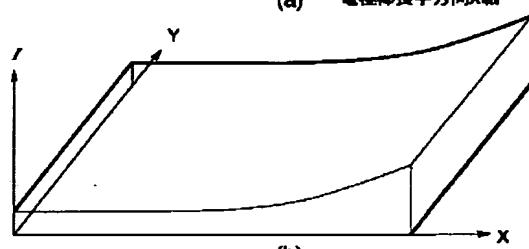
【図 4】



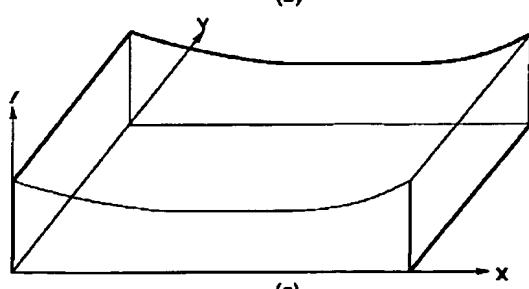
【図 6】



(a) 電極棒長手方向X軸

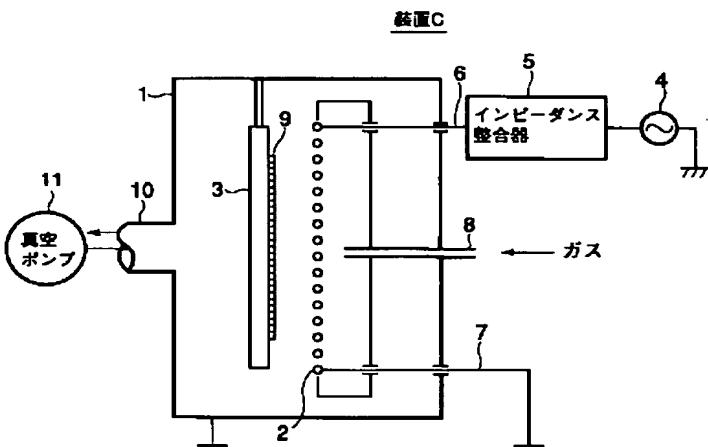


(b)

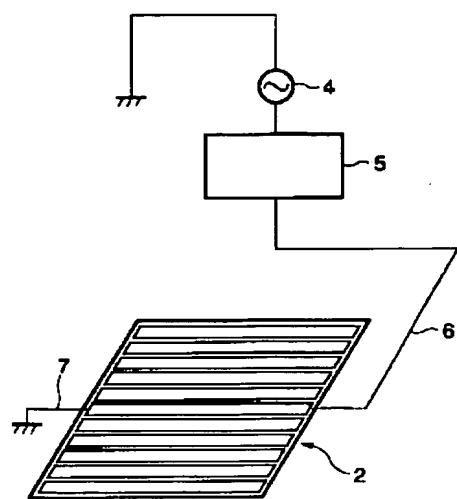


(c)

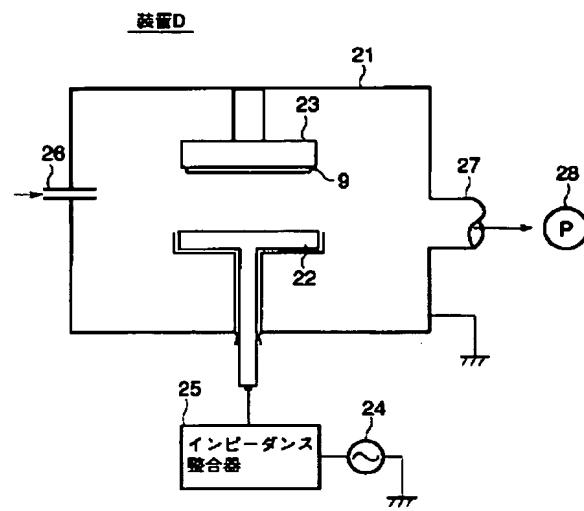
【図 7】



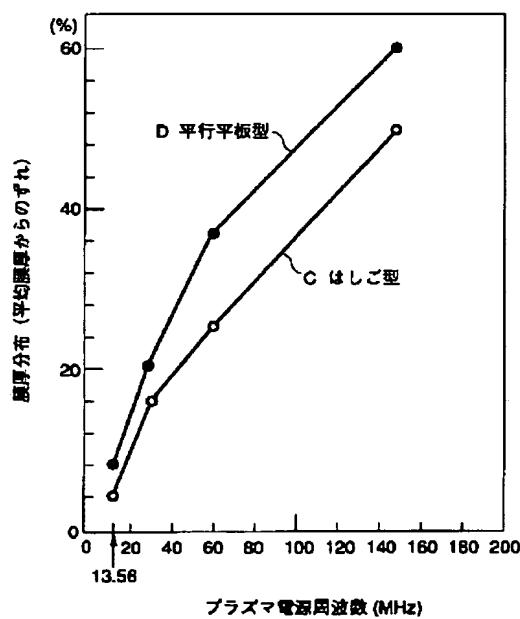
【図 8】



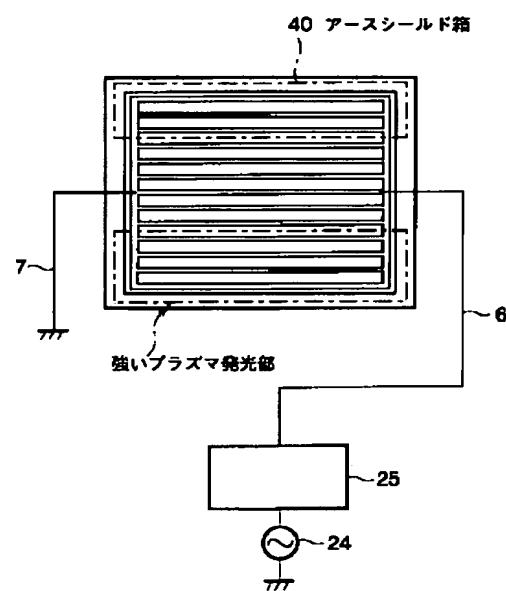
【図 9】



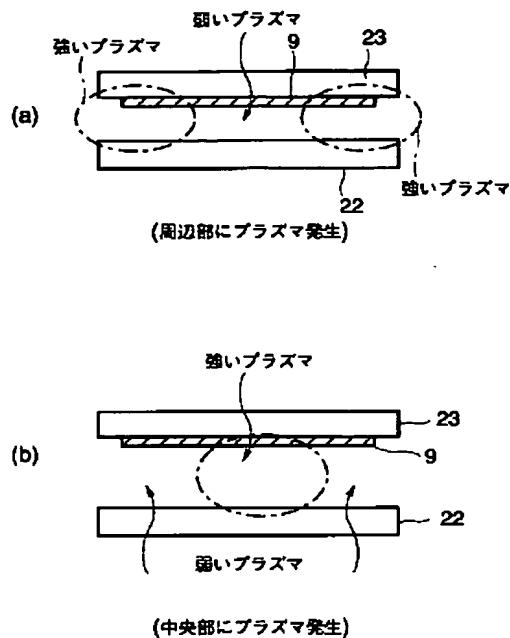
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72) 発明者 山越 英男

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1  
三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

F ターム (参考) 4K030 AA06 BA30 CA06 FA01 KA15

KA24 KA30 LA16 LA17

5F045 AA08 AB03 AB04 BB02 CA13

EH04 EH09 EH13

5F051 AA03 AA04 AA05 BA12 CA16

CB12